

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ им. К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО

Кафедра “Детали машин и ТММ”

ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
РАЗМЕРОВ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ НА ЭВМ

(Методические указания)

Авторы: ЦЫГАНКОВ М.Н., ОСИПЕНКО К.Ю.,
ТЕРЕШКО М.Я.

Москва – 1978

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие содержит данные, необходимые для применения ЭВМ при проектировании зубчатых передач, и предназначено для студентов выполняющих курсовой проект или домашнее задание по курсу “детали машин”. При этом учитывается, что студент впервые встречается с автоматизированным расчетом деталей машин и ещё не имеет необходимых навыков по оформлению решения задач с использованием ЭВМ. Поэтому содержание пособия ограничено рассмотрением только одного, наиболее трудоемкого этапа проектирования — определения проектных размеров зубчатой передачи (межосевого расстояния и диаметра начальной окружности шестерни).

В основу алгоритма проектного расчета положены формулы, рекомендуемые ГОСТ 21354-75 и подробно исследованные в работах [1], [2]. При составлении пособия были учтены данные, изложенные в работах [3], [4], [5].

2. ПОДГОТОВКА К РАСЧЕТУ НА ЭВМ

Приступая к выполнению проекта или курсовой работы, студент должен внимательно изучить предложенную в задании схему редуктора и его параметры. Далее, необходимо ознакомиться:

- 1) с принятой (на кафедре “Детали машин”) методикой расчета заданного типа редуктора,
- 2) с приведенной в данном пособии методикой применения ЭВМ при курсовом проектировании.

Данное пособие содержит:

- формулы, положенные в основу алгоритма проектного расчёта зубчатой передачи на ЭВМ;
- порядок подготовки исходных данных для расчёта на ЭВМ и указания по их кодированию;
- примеры подготовки исходных данных;
- указания по анализу результатов расчета.

В приложении приведена программа проектного расчёта, записанная на языке ФОРТРАН IV, для цилиндрической, конической и червячной передач.

3. ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ ПРОЕКТНОГО РАСЧЁТА ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ НА КОНТАКТНУЮ ВЫНОСЛИВОСТЬ

В зависимости от типа зубчатой передачи основные проектные размеры её определяются по следующим формулам:

1. Прямозубая цилиндрическая передача (ПЦП):

Ориентировочное значение межосевого расстояния (a_w) определяется по формуле:

$$a_w = A(u + 1) \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta}}{u^2 \psi_{ba} \sigma_{Hp}^2}} \text{ мм}, \quad (1)$$

где

A — вспомогательный коэффициент, равный 230;

u — передаточное число передачи (в многоступенчатых передачах — передаточное число одной ступени);

T_2 — расчетная нагрузка момента на зубчатом колесе, кгм;

$K_{H\beta}$ — коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по ширине венца;

ψ_{ba} — вспомогательный параметр (коэффициент ширины колеса относительно межосевого расстояния);

σ_{Hp} — допускаемое контактное напряжение (кгс/мм²).

В ГОСТе предусмотрена еще одна проектная формула для определения ориентировочного значения диаметра начальной окружности (d_{ω_1}):

$$d_{\omega_1} = B \sqrt[3]{\frac{T_1 K_{H\beta} (u + 1)}{\psi_{ba} \sigma_{Hp}^2 u}} \text{ мм}, \quad (2)$$

где

B — вспомогательный коэффициент, равный 360;

T_1 — расчетная нагрузка момента на шестерне (кгм).

Остальные параметры те же, что и в формуле (1).

Проектные формулы (1) и (2) равноценны. Проектный размер определяется по одной из них, а результат, полученный по другой формуле принимается для сведения.

2. Для косозубой цилиндрической передачи (КЦП) межосевое расстояние и диаметр начальной окружности определяются по формулам (1) и (2), в которых A и B принимаются соответственно равными: 200 и 315.

ПРИМЕЧАНИЕ: для нулевого колеса диаметры начальной и делительной окружности равны.

3. Прямозубая коническая передача (ПКП).

Средний диаметр конической шестерни:

$$d_{m_1} = 360 \sqrt[3]{\frac{T_1 K_{H\beta} \sqrt{u^2 + 1}}{0,85 \psi_{bd}}} \text{ мм}, \quad (3)$$

где T_1 — расчетная нагрузка (крутящий момент) на шестерне (КГМ).

Остальные параметры те же, что и в формуле (1).

Рабочая ширина зубчатого венца:

$$b = \psi_{bd} d_{m_1}. \quad (4)$$

Угол делительного конуса шестерни:

$$\delta_1^\circ = \operatorname{arccctg} u. \quad (5)$$

Угол делительного конуса зубчатого колеса:

$$\delta_2^\circ = 90^\circ - \delta_1^\circ. \quad (6)$$

Внешний делительный диаметр:

$$d_{e1} = d_{m1} + b \sin \delta_1^\circ. \quad (7)$$

Внешнее конусное расстояние:

$$Q_e = \frac{d_{e1}}{2 \sin \delta_1^\circ}. \quad (8)$$

4. Червячная пара.

Межосевое расстояние (мм)

$$a_\omega = 10 \left(\frac{Z_2}{q} + 1 \right) \sqrt[3]{ \left(\frac{5H}{\sigma_{H\beta} \frac{Z_2}{q}} \right)^2 T_2 K_{H\beta} }, \quad (9)$$

где

Z_2 — число зубьев червячного колеса;

q — коэффициент диаметра червяка;

T_2 — момент на червячном колесе (кгм);

$K_{H\beta}$ — коэффициент расчетной нагрузки.

Осевой модуль:

$$m = \frac{2a + w}{Z_2 + q}. \quad (10)$$

4. ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТНОГО РАСЧЕТА

Перед тем, как приступить к расчету на ЭЦВМ основных размеров цилиндрической или конической ступени редуктора, студент руководствуется исходными данными задания и рекомендованной литературой, самостоятельно определяет:

— тип быстроходной и тихоходной ступеней проектируемого редуктора,

— крутящий момент на входном и выходном валах ступени (T_1 ; T_2),

$\sigma_{H\beta}$ — допускаемое контактное напряжение выбранного материала ступени,

u — передаточное число ступени,

$K_{H\beta}$, ψ_{bd} — значения коэффициентов нагрузки и относительной ширины колес.

Перед расчетом червячной передачи определяются: число зубьев колеса (Z_2); коэффициент диаметра червяка, допускаемое контактное напряжение материала, момент на колесе, коэффициент нагрузки.

Все эти данные студент должен внести в специальный **бланк задания для ЭЦВМ** на проектный расчёт.

Форма записи данных в бланке задания учитывает специфику алгоритмического языка “ФОРТРАН”. Все текстовые буквы пишутся заглавными, целая часть числа от дробной отделяется символом “.”.

Бланк задания (рис. 1) содержит строку, разделенную на 66 позиций. В каждую позицию (деление) вносится тот или иной цифровой или буквенный символ задания. В позиции незаполненные цифровыми или буквенными символами проставляется символ пробел “_”. В таблице № 1 даны условные обозначения типов передач.

В таблице № 2 указаны перечень, размерность и последовательность параметров, приводимых в бланке задания, а также число позиций, которые отводятся для их записи.

Таблица 1

Наименование передачи	Условное обозначение в бланке
Прямозубая цилиндрическая передача	ПЦП
Прямозубая коническая передача	ПКП
Косозубая цилиндрическая передача	КЦП
Червячная передача	ЧП
Быстроходная ступень	БС
Тихоходная ступень	ТС

Таблица 2

Наименование данных	Число позиций
Фамилия и инициалы студента	15
Номер и вариант курсового задания	4
Обозначение типа передачи (условные обозначения передач даны в табл. 1)	3
Наименование ступени передачи (быстроходная или тихоходная табл. 1)	2
Величина коэффициента распределения нагрузки по ширине венца ($K_{H\beta}$)	6
Величина допускаемого контактного напряжения (σ_{Hp})	6
Передаточное число данной ступени (u)	6

Расчетная нагрузка (момент T_1) на шестерне (входной вал)	6
Расчетная нагрузка (момент T_2) на колесе (выходной вал)	6
Величина коэффициента ширины колеса относительно диаметра (ψ_{bd})	6
Величина коэффициента ширины колеса относительно межосевого расстояния (ψ_{ba})	6

Дополнительные указания к заполнению бланка

1. Запись производится париковой ручкой синего или черного цвета на специальном бланке.

2. Зачеркивание не допускается.

3. При проектировании двухступенчатого цилиндрического редуктора (развернутая схема) и конического цилиндрического редуктора студент заполняет два бланка — на расчёт тихоходной и быстроходной ступеней.

4. При проектировании соосного редуктора заполняется только один бланк — на расчёт тихоходной ступени.

5. При расчете конической ступени (ПКП) расчетная нагрузка на колесе T_2 и величина коэффициента ψ_{ba} не задаются, поэтому в бланке задания во всех позициях строки, отведенных под эти параметры, проставляются знаки пробела.

6. При заполнении бланка на расчёт червячной передачи следует:

— тип передачи обозначить: ЧП,

— в делениях, отведенных под расчетную нагрузку на шестерне T_1 и коэффициент ψ_{bd} , проставить по шесть знаков пробела — “□”,

— в делениях, отведенных под величину коэффициента ψ_{ba} проставить значение коэффициента диаметра червяка q ,

— в делениях, отведенных под Z_2 , проставить значение числа зубьев червячного колеса.

7. На оборотном листе бланка должно быть записано следующее:

Кафедра “Детали машин и ТММ” МАТИ

Студент _____

Группа _____

Преподаватель _____

8. После того, как бланк задания проверен и поставлена подпись преподавателя, уполномоченный каждой группы собирает бланки заданий и сдает их на перфорирование в “ВЦ” и в установленное время получает результаты расчёта.

ПРИМЕРЫ ЗАПИСИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ В БЛАНКЕ ЗАДАНИЯ

ПРИМЕР 1

Студент Клинков А.И. получил курсовое задание № 36 вариант 3 — спроектировать 2-х ступенчатый редуктор (развернутая схема).

Заданы: мощность на выходном валу и число оборотов n_T .

Установив, что у заданного редуктора быстроходная ступень (БС) — косозубая цилиндрическая передача (КЦП), а тихоходная ступень (ТС) — прямозубая цилиндрическая передача (ПЦП) и вычислив для каждой ступени:

для ТС	для БС
$K_{H\beta} = 1,07$	$K_{H\beta} = 1,15$
$\sigma_{H\beta} = 45,64 \text{ кг/мм}^2$	$\sigma_{H\beta} = 35,63 \text{ кг/мм}^2$
$u = 3,57$	$u = 3,31$
$T_1 = 10,65 \text{ кгм}$	$T_1 = 3,55 \text{ кгм}$
$T_2 = 37,11 \text{ кгм}$	$T_2 = 10,65 \text{ кгм}$
$\psi_{bd} = 1$	$\psi_{bd} = 0,6$
$\psi_{ba} = 0,4$	$\psi_{ba} = 0,2$

студент заполняет два бланка задания (рис. 1).

ПРИМЕР 2

Студент Саянов К.Т. получил задание № 5 вариант 4 — спроектировать 2-х ступенчатый коническо-цилиндрический редуктор. Заданы N вых. вала и n вых. вала.

Установив, что у заданного редуктора быстроходная ступень (БС) — прямозубая коническая передача (ПКП), а тихоходная ступень (ТС) — прямозубая цилиндрическая передача (ПЦП) и вычислив:

для тихоходной ступени

для быстроходной ступени

$K_{H\beta} = 1,12$; $\sigma_{H\beta} = 49,9 \text{ кг/мм}^2$; $u = 3$; $T_1 = 3,06 \text{ кгм}$; $\psi_{bd} = 0,4$,

студент заполняет два бланка задания — на расчет тихоходной и быстроходной ступеней (порядок заполнения для ПЦП дан в примере 1, порядок заполнения для ПКП дан на рис. 2).

ПРИМЕР 3

Студент Ракитский В.Д. получил задание № 10, вариант 7 — спроектировать одноступенчатый червячный редуктор. Заданы N вых. вала и n вых. вала. Определив значения: $K_{H\beta} = 1,1$; $\sigma_{H\beta} = 18 \text{ кг/мм}^2$; $Z_2 = 40$; $T_2 = 73 \text{ кгм}$; $q = 10$, студент заполняет один бланк задания (рис. 3).

5. ИНФОРМАЦИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ РАСЧЕТА

ЭВМ по разработанной в пособии программе в зависимости от признака исходных данных осуществляет соответствующие вычисления и выдает результаты на печать в виде таблицы (рис.). В каждой таблице содержатся результаты проектного расчёта одной ступени, исходные данные, фамилия студента и номер варианта задания. Уполномоченный группы получает в вычислительном центре напечатанные на бумажной ленте таблицы и раздает их студентам группы.

При анализе результатов следует помнить, что для передач типа ПЦП, ПКП и КПЦ в таблице дано два проектных размера и в дальнейших расчетах используется только один из них (по указанию преподавателя), а другой принимается к сведению.

ПРИМЕЧАНИЕ: Описание программ дано в приложении.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ РАСЧЁТА

В разделе 3 представлены формулы алгоритма проектного расчёта 4-х типов передач. Для решения задачи необходимо рассмотренные формулы и исходные данные ввести в ЭВМ. Перечень указаний машине для решения задачи называется программой. Используя формулы алгоритма проектного расчета, можно записать программу на одном из воспринимаемых ЭВМ алгоритмических языков (АГТОЛ 60, ФОРТРАН IV и др.). В данном пособии использован язык ФОРТРАН IV. Учитывая широкие возможности этого языка можно объединить четыре отдельных алгоритма (см. 3) в одну универсальную программу. Благодаря этому заметно снижается объем необходимой информации, вводимой в память машины.

Ниже на стр. приводится текст универсальной программы.

Программу, записанную на языке ФОРТРАН IV, оператор переносит с помощью специального аппарата — перфоратора на перфокарты. Читающее устройство ввода передает содержащуюся на перфокартах информацию в память ЭЦВМ.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Решетов Д.Н. Детали машин. Москва, Машиностроение, 1974.
- [2] Иванов М.Н. Детали машин. Москва, Высшая школа, 1976.
- [3] ГОСТ 21354-75. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Расчет на прочность. Москва, 1976.
- [4] Самойлов Е.А. и др. Расчет зубчатых передач на ЭВМ. Москва, МАИ, 1976.
- [5] Решетов Д.Н., Дудко В.Д. Расчеты деталей машин на ЭВМ. Москва, МВТУ, 1978.